



USO DE CUPONES EN INSPECCIÓN EXTERNA DE DUCTOS

LUCIA DEL PILAR PIRACOCA GARZÓN
Cód. 201822490

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD Y CORROSIÓN
BOGOTÁ
2019-1



USO DE CUPONES EN INSPECCIÓN EXTERNA DE DUCTOS

LUCIA DEL PILAR PIRACOCA GARZÓN
Cód. 201822490

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en gestión de integridad y corrosión.

DIRECTOR:

Msc. Ingeniero Jaime Orlando Villarreal Celis

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD Y CORROSIÓN
BOGOTÁ
2019-1

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS	7
2.1 OBJETIVO GENERAL	7
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
3. ALCANCE	8
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. MARCO TEÓRICO.....	10
6. ESTADO DEL ARTE	15
7. METODOLOGIA DE LA PROPUESTA	18
8. CONCLUSIONES.....	20
9. RECOMENDACIONES	21
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	22



TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Perfil de instalación de cupones.	18
--	----

1. INTRODUCCIÓN

En la industria mundial en especial la industria de transporte de hidrocarburos y gas, es necesario usar topo tipo de material para su infraestructura física, donde se ha evidenciado que los mismos se degradan a través del tiempo cuando están expuestos a un medio que desencadene una serie de reacciones químicas, las cuales finalizan con la degradación parcial o final de las estructuras; a dicho fenómeno se le conoce como corrosión.

Para esto la ciencia en trabajo conjunto de la ingeniería han desarrollado sistemas de protección para controlar y frenar de cierta manera ese aceleramiento de reacciones químicas que terminan con el detrimento de los materiales, tanto externa como internamente en el caso de estructuras de volumen, para prolongar el tiempo de vida de los materiales y así garantizar el funcionamiento para el cual fue diseñado.

Para la industria de transporte de hidrocarburos y gas para combatir la corrosión exterior de la infraestructura, en este caso los ductos se utilizan dos sistemas de protección, el primero de ellos son los recubrimientos y el otro son los sistemas de protección catódica. Cada uno de estos utiliza diferentes técnicas de inspección las cuales monitorearan la eficiencia de cada uno de ellos.

Según NACE, quien es el ente magno en el mundo para el análisis de la corrosión exterior, sugiere técnicas de inspección para el sistema de protección catódica como inspección CIS (Closed Interval Survey), inspección PAP (poste a poste), inspección de URPC (Unidad Rectificadora de Protección Catódica), inspección de ánodos, juntas de aislamiento y cruces encamisados; sugiere también técnicas de inspección para el recubrimiento, como PCM (Pipeline Current Mapper), ACVG (Alternating Current Voltage Gradient), DCVG (Direct Current Voltage Gradient).

Este trabajo se centrará en proponer y plantear un complemento al plan de integridad de ductos dentro de las técnicas de inspección y monitoreo para la corrosión exterior, mediante el uso de cupones, con el fin de estudiar, analizar y

realizar una trazabilidad del estado del ducto, la velocidad de corrosión y los efectos físicos y micro estructurales que puedan tener sobre la estructura cuando reacciona con el medio ambiente, simulando la estructura física en exposición con el electrolito.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar técnicas de inspección y monitoreo al plan del mantenimiento para el control a la Corrosion exterior de los ductos enterrados.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Utilizar cupones del mismo material del ducto para garantizar la máxima semejanza de operación.
- Definir la metodología para efectuar la inspección e instalación de cupones.
- Analizar y evaluar la velocidad de corrosión de los ductos bajo distintas condiciones de operación, para así generar un diagnóstico del estado del ducto.
- Manejar cupones de distintas morfologías para estudiar y analizar como es el comportamiento de la corrosión encada uno de estos.
- Valorar el estado inicial de las estructuras de interés y los elementos del sistema para definir acciones que soporten la integridad de las estructuras y demás activos desde el punto de vista de corrosión exterior.

3. ALCANCE

Este documento se fundamenta en proponer el uso de cupones como complemento a las técnicas de inspección usadas, las cuales se encuentran dentro del plan de monitoreo y control para determinar las condiciones a las que está expuesto constantemente el ducto, y así manifestar los posibles efectos que se pueden estar generando sobre el mismo por la interacción con el medio que lo rodea, con la finalidad de estar en la capacidad de generar un diagnóstico y las posibles soluciones, las cuales, nos permitan de esta manera seguir garantizando el funcionamiento del activo mediante el mantenimiento de las condiciones morfológicas, de servicio y operación para el cual fue diseñado en el lapso de vida útil determinado en el diseño.

4. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que a través de los años se ha estado desarrollando la protección de las estructuras metálicas en contra de la corrosión mediante diferentes métodos, de los cuales se ha encontrado que entre el 90%-95% de protección se la da el recubrimiento, el otro tanto es controlado mediante diferentes sistemas protección catódica. Aunque es importante tener en cuenta que no en todas las estructuras metálicas se pueden implementar estos sistemas, o en otras solo se puede utilizar una de ellas, dependiendo las condiciones en las cuales se encuentren estas, tanto ambientales como de servicio y operación.

Es por eso que se utilizan distintas técnicas de inspección, para monitorear el estado del recubrimiento y a su vez el de los sistemas de protección catódica, es por eso que, para el caso de la tubería enterrada de los ductos, los cuales se encargan del transporte de hidrocarburos o de gas; se utilizan técnicas estipuladas por NACE (National Association of Corrosion Engineers)

El conjunto de estas técnicas como el ACVG, DCVG, PCM, CIS, PAP entre otras permiten generar en conjunto un diagnóstico sobre el estado general de los sistemas de protección que tiene el ducto frente a la corrosión exterior, sin embargo, es necesario estudiar de una manera más detallada la interacción directa del metal con el medio ambiente, en este caso el suelo; evaluar como es la velocidad de corrosión sobre el metal, identificar si existe corrosión y clasificarla según el tipo, asemejar la pérdida de espesor de pared, los posibles defectos que tiene el ducto o pueda llegar a tener. En conclusión, haremos uso de los cupones de corrosión como complemento a el estudio de la corrosión y sus efectos sobre el ducto.

5. MARCO TEÓRICO

Todo material creado por el hombre tiende a regresar a su estado natural, a este fenómeno generalmente se le conoce como corrosión la cual se define como la degradación del mismo a través del tiempo, el cual se encuentra en interacción con cualquier tipo de medio. Esta definición abarca todos los materiales, tanto naturales e incluso artificiales incluyendo plásticos, cerámica y metales. La corrosión de los materiales ocurre cuando el campo termodinámico y cinético se desencadenan en un medio.

Según NACE, la corrosión se define como “El deterioro de un material, usualmente un metal, debido a una reacción química o electroquímica con su medio ambiente”¹, teniendo en cuenta el daño que ocasiona la corrosión en los metales la industria implementó el uso de revestimientos y/o sistemas de protección catódica, para combatir la corrosión exterior, y garantizar la función para el cual fue diseñado y a su vez el tiempo de vida. Es de aclarar que el efecto de la corrosión nunca se elimina con el uso de estos mecanismos, simplemente se controla o minimiza.

Para que ocurra el fenómeno de la corrosión debe existir una celda electroquímica, la cual se puede describir como la facilidad en la que se pueden generar movimiento de electrones mediante una reacción química o también conocida como celda galvánica, o también, se produce una reacción química al suministrar una energía eléctrica al sistema conocida como celda electrolítica. Estos procesos electroquímicos son conocidos como “reacciones electroquímicas” o “reacción redox” donde se produce una transferencia de electrones de una sustancia a otra, son reacciones de oxidación-reducción. Para que esto ocurra es necesario tener un medio por donde se transporten los electrones según la carga y como se den las reacciones, un ánodo, un cátodo y un electrolito que es el medio ambiente al cual estará sometiendo el ducto constantemente, es decir, está en contacto directo.

¹ NACE/ASTM G 193b-10_Standard Terminology and Acronyms Relating to Corrosion. NACE International 2010.

La corrosión en este caso de ductos (tuberías) u otras estructuras enterradas es a menudo el resultado de diferentes celdas de corrosión de las cuales existe una variedad de diferentes tipos. Es decir que se evidencia un diferencial de potencial generando así, celdas de aireación, donde otras partes de la tubería están expuestas a distintas concentraciones de oxígeno dentro del mismo suelo, reduciéndose esto a una corrosión galvánica, la cual es una forma de corrosión diferencial en la cual dos estados diferentes (ánodo y cátodo) los cuales se encuentran en el mismo metal se acoplan eléctricamente y se exponen en un ambiente corrosivo.

De esta manera un revestimiento es aquel que cumple la función de aislar una superficie metálica del medio del cual está en contacto, es decir, se convierte en un mecanismo de barrera, evitando el desenlace de cualquier tipo de reacción posible; así mismo se utilizan los sistemas de protección catódica, el cual cumple la función de reducir o eliminar la corrosión, haciendo que el metal a ser protegido se convierta en el cátodo de la celda de corrosión.² Esto se consigue utilizando una corriente continua bien se impregna o mediante el uso de ánodos de sacrificio.

Los recubrimientos normalmente están destinados a formar una película continua de un aislante eléctrico, el cual se aplica sobre la superficie metálica a proteger. La función de tal recubrimiento es que aisle el metal del contacto directo con el electrolito circundante (evitando al electrolito por contacto directo con el metal) de tal manera de interponer una resistencia eléctrica tan alta que las reacciones electroquímicas no pueden ocurrir fácilmente. En realidad, todos los revestimientos, independientemente de calidad general, contienen poros, que se forman durante la aplicación, o durante el transporte o instalación de tubería recubierta, los cuales si no se controlan serán estas las que nos provoquen ciertos inconvenientes dañando el recubrimiento por fuerzas generadas del oxígeno o el hidrógeno y de esta manera generan que falle el revestimiento y así le damos paso a que la corrosión juegue su

² NACE/ASTM G 193b-10_Standard Terminology and Acronyms Relating to Corrosion. NACE International 2010.

papel. Adicionalmente la degradación del recubrimiento en servicio también puede conducir a la corrosión, exponiendo aún más el metal al ambiente subterráneo. Un alto la tasa de corrosión en una región desunida puede provocar una fuga o ruptura, incluso cuando el revestimiento protege efectivamente un alto porcentaje de la superficie de la tubería. es por eso que, los recubrimientos rara vez se utilizan en tuberías enterradas en ausencia de protección catódica. Reflejando que cuando el trabajo es conjunto la función de un revestimiento en una tubería protegida catódicamente, es decir, por uso de corriente, es reducir el área de superficie de metal expuesto en la tubería, reduciendo así la corriente necesaria para catódicamente proteger el metal.

Para monitorear el estado de los revestimientos, se utilizan técnicas como el Pipeline Current Mapper o mejor conocido como PCM se utiliza para identificar ganancia o pérdida de corriente de protección catódica y estudiar el estado del recubrimiento mediante posible pérdida de capacidad dieléctrica, esta técnica se fundamente en imprimir una corriente alterna de baja frecuencia (4Hz) fuente eléctrica portátil y con un magnometro medir la magnitud de campo generado. También puede hacer uso de Alternating Current Voltage Gradient o ACVG la cual es el complemento del PCM, su fundamento es el mismo, y la idea es generar un campo magnético de tal manera que utilizando un marco A, se pueda identificar la severidad en Hz de las anomalías del revestimiento del ducto o encontrar de una manera puntual la fuente de fuentes foráneas de CP. Y por último el DCVG (Direct Current Voltage Gradient) el cual por medio de una fuente eléctrica externa al sistema o propia dependiendo de las condiciones se inyecta una corriente de tal manera que se genere un ciclo tal que ejerza un comportamiento propio en los defectos del revestimiento, de tal manera que nos permite clasificarlo en anódico anódico, catódico catódico y anódico catódico³.

Mientras que los sistemas de protección catódica lo podemos definir como una técnica para reducir la tasa de corrosión de una superficie metálica, cambiando la

³ CP2-Cathodic Protection Technician- Manual del curso_NACE International 2006.

zona anódica a cátodo dentro de una misma celda electroquímica. Esto se logra cambiando el potencial del metal en la dirección negativa mediante el uso de una fuente de alimentación externa proveniente de una URPC (Unidad Rectificadora de Protección Catódica) o utilizando un ánodo de sacrificio. En el caso de un sistema de corriente impresa, una corriente se imprime en la estructura por medio de un poder suministro, conocido como un rectificador, y un ánodo enterrado en el suelo. En el caso de un sistema de ánodo de sacrificio, la relación galvánica entre un material de ánodo de sacrificio, como el zinc o el magnesio, y el acero de la tubería se utiliza para suministrar la corriente de protección catódica requerida.⁴

Para evaluar la protección catódica se utilizará el estándar SP0169-013⁵ de NACE mediante el cual se hace necesario utilizar técnicas que se fundamentan en la inspección de los SPC es decir las unidades rectificadoras, los ánodos, y medir la eficiencia del sistema mediante el PAP que es la medición de potencial en cada estación de prueba y el CIS (Closed Interval Survey) el cual se fundamenta en medir paso a paso sobre la tubería el potencial. Adicionalmente se realizan estudios de resistividades, mediciones de pH, análisis de suelo, sin embargo, es importante resaltar que todas estas técnicas se utilizan con el fin de evaluar los sistemas que se implementaron para proteger el ducto, pero no hay manera directa de asemejar o de analizar cuál es la relación o el comportamiento que está haciendo el medio ambiente con la estructura.⁶

Es por eso que el uso de cupones de corrosión son uno de los métodos más utilizados para el estudio de la corrosión y sus efectos. Son relativamente pequeños, se pueden insertar y recuperar fácilmente y son un medio económico para determinar la posible causa y efecto de la corrosión. Al igual que con cualquier tipo de dispositivo de detección de corrosión, los cupones no pueden dar un valor absoluto definitivo. Pero indicará patrones generales de comportamiento a la

⁴ CP2-Cathodic Protection Technician- Manual del curso_NACE International 2006.

⁵ NACE SP0169-2013 Standard Practice – Control of external corrosion on underground of submerged metallic piping systems. NACE International, 2013. Houston, Texas.

⁶ CP2-Cathodic Protection Technician- Manual del curso_NACE International 2006.

corrosión. Pueden ser utilizados en conjunto con otros dispositivos de monitoreo de corrosión desarrollados para tipos específicos y peculiares de corrosión por ejemplo; galvánica, pH, térmica, etc.⁷ Para obtener los mejores resultados, la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta la ubicación y orientación de la exposición, la composición de los medios de comunicación del producto y otras variables. Es importante recordar que los cupones indican el ataque del medio ambiente solo en el punto de la exposición. Por lo tanto, los cupones deben instalarse lo más cerca posible al punto donde se requiere estudiar el comportamiento. Es importante resaltar, que la velocidad de corrosión se verá directamente afectado por la humedad, la temperatura, el pH, el ataque bacteriológico. Arrojando que el conjunto de todas estas variables y muchas otras darán los datos de la tasa de corrosión del cupón.

Lo ideal es que los cupones se hagan del mismo material, es decir, se fabrican al de una aleación igual o similar en composición química a la estructura metálica de la cual se estará realizando el monitoreo, para esto se puede usar un cupón de CP para determinar el nivel de protección catódica y la velocidad de corrosión de una estructura metálica enterrada, estos cupones se instalan en el electrolito cerca de la estructura y son luego conectados a ella a través de una estación de prueba. El cupón se conectará al sistema de protección catódica en la estructura, simulando así un área desnuda de tamaño similar de la superficie de la estructura.⁸ Además, el cupón puede desconectarse del circuito durante pruebas periódicas, y su potencial de desconexión instantánea permitirá evaluar caídas de IR, evaluar los potenciales.

⁷ NACE SP0104-2014, *Standard Recommended Practice "The Use of Coupons for Cathodic Protection Monitoring Applications"*, NACE International 2014, Houston, Texas

⁸ COSASCO Two- Inch System Coupons Installation, Operation and Maintenance Manual. Corrosion Coupons.

6. ESTADO DEL ARTE

- ***Evaluation of Edge, Size, and Native Potential Effects on Direct Current Cathodic Protection Coupons.***⁹

(Evaluación del borde, tamaño y efectos potenciales nativos en los cupones de protección catódica de corriente directa)

San Antonio, Texas 78238, USA

Paper N° 8976 – NACE International Conference 2017

Autores: Pavan K. Shukla, Andrew Nordquist, Xihua He, Len J. Krissa, Jerry DeWitt

Esta investigación se basa en estudiar cómo influyen la forma y el tamaño de los cupones para el análisis de la influencia de la corrosión y el monitoreo de los sistemas de protección catódica hacia la estructura. De esta manera desarrollaron un modelo para estudiar los efectos potenciales de borde, tamaño y nativos potenciales nativos en la protección catódica y la densidad de corriente de cupones arrojando como resultados del modelo, que el factor más dominante que afecta al cupón es el tamaño, seguido de potencial de corrosión. Sin embargo, estos resultados son preliminares y deben ser verificados con una Modelo informático tridimensional a gran escala junto con laboratorio y campo controlado.

- ***Cathodic Protection Coupon Use for Buried Piping in Plant (I.E COMPLEX) Facilities.***¹⁰

(Uso De Cupones De Protección Catódica Para Tubería Enterrada en Planta I.E Complejo)

Houston, Texas 75056, USA

Paper N° 8924 – NACE International Conference 2017

Autores: Douglas E. Gilroy, P.E

Una planta presenta cierta cantidad de variaciones eléctricas continuas frente a las estructuras protegidas, el propósito del estudio basado en NACE SP0104-2014¹¹ y

⁹ NACE International Conference 2017. Paper 8976

¹⁰ NACE International Conference 2017. Paper 8824

¹¹ NACE SP0104-2014, Standard Recommended Practice “The Use of Coupons for Cathodic Protection Monitoring Applications”, NACE International 2014, Houston, Texas

BS EN 14505: 2005¹² es investigar las fuentes de estas variaciones y garantizar el cuidado de las tuberías, a su vez el cuidado, la seguridad y las consideraciones prácticas dentro de la planta. Razón por la que deciden hacer uso de cupones y evaluar los niveles de protección catódica en la tubería de acero enterrada que presentan circuitos mixtos. El estudio reflejó caídas de IR en la medición las cuales pueden ser significativas cuando el cupón se encuentra dentro del gradiente de los ánodos y el sistema, y pueden ser evaluados bajo alguno de los criterios de PC existentes en el SP0169-13. Evidenciando además que los potenciales en los cupones están influenciados por las corrientes mixtas de todo el sistema reflejados en la polarización. Finalmente, se establece permitir que los cupones envejezcan hasta que se hayan establecido potenciales nativos estables, ya que con el tiempo establecido no se pudo establecer un potencial debido a la existencia de circuitos mixtos.

- ***Use of Corrosion Rate Probes to Evaluate Pipeline Cathodic Protection Performance.***¹³

(Uso De Probetas De Velocidad De Corrosión Para Evaluar El Rendimiento De La Protección Catódica De Tuberías)

Houston, Texas 77040, USA

Paper N° 9180 – NACE International Conference 2017

Autores: Vera Kustova, P.E. Dale Lindemuth, P.E

Al sur de Texas, en una tubería de transmisión de gas natural se evidencia que los niveles de protección catódica varían a través del año por efecto de la inestabilidad climática que se presenta, donde se registran un control bajo hacia la corrosión, razón por la por medio del plan de gestión de integridad de ductos se realiza un estudio complementario mediante el uso de probetas y/o sondas para evaluar la velocidad de corrosión, de manera tal que permitan resistencia eléctrica de precisión y monitoreo remoto, con el fin de documentar y posteriormente establecer rutas de mitigación. A lo largo del ducto, y durante 13 meses se instalaron estaciones de prueba de monitoreo remoto y bajo diferentes variables, ubicadas según a la data

¹² BS EN 14505:2005 Cathodic Protection of complex structure

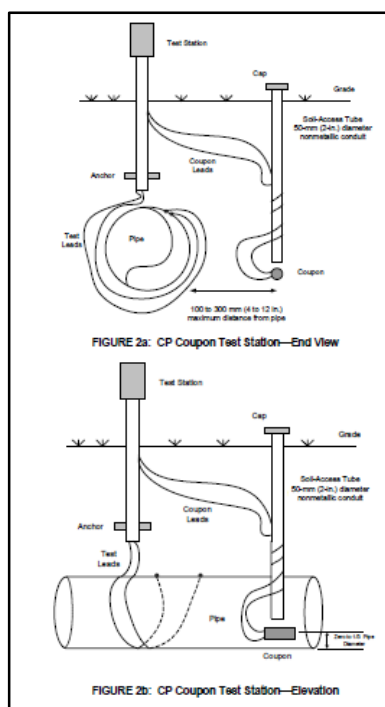
¹³ NACE International Conference 2017. Paper 9180

del ducto, donde reporto potenciales cíclicos y bajos; demostrando como el clima, sobre todo las épocas de lluvia, por el exceso de humedad del suelo parece influir en los potenciales de tubería ya que los potenciales se vuelven más electronegativos; adicionalmente se encontró un deterioramiento en el material en uno de los 4 puntos de estudio, indicando una velocidad de corrosión aceptablemente de $4 \mu\text{m} / \text{año}$. ($0.16 \text{ mils} / \text{año}$) en el punto MP-205 evidenciado por la disminución de grosor de la probeta.

7. METODOLOGIA DE LA PROPUESTA

Es importante tener en cuenta que la preparación, instalación, análisis e interpretación de corrosión de cupones utilizaremos el estándar de la NACE SP0775-2013¹⁴, adicionalmente consideraremos el RP0104-2004¹⁵ el cual habla de las aplicaciones de cupones y finalmente tendremos en cuenta el SP0169.2013¹⁶ para evaluar el sistema de protección catódica existente al ducto. Cabe resaltar, en caso tal que existan defectos u anomalías, estos serán evaluados bajo los respectivos ensayos y normas de integridad o de END que nos permitan clasificarlas.

Ilustración 1 Perfil de instalación de cupones.



Fuente. NACE SP104-2014

¹⁴ NACE RP0775-2013 Standard Recommended Practice “Preparation, Installation, Analysis and Interpretation of corrosion coupons”. NACE International 2013. Houston, Texas.

¹⁵ NACE SP0104-2014, Standard Recommended Practice “The Use of Coupons for Cathodic Protection Monitoring Applications”, NACE International 2014, Houston, Texas

¹⁶ NACE SP0169-2013 Standard Practice – Control of external corrosion on underground of submerged metallic piping systems. NACE International, 2013. Houston, Texas.

Como primera medida los cupones que se utilizarán para evaluar el nivel de protección catódica y el efecto que produce el medio ambiente sobre el ducto en ciertos puntos específicos serán del mismo acero de la estructura metálica con la misma composición química y quizás los mismos tratamientos térmicos sobre la cual haremos el estudio, garantizando así la máxima similitud en el sistema.

Adicionalmente, vamos a tener ciertas consideraciones, las cuales serán nuestras variables de estudio, como lo son:

1. Los cupones se instalarán en 5 de los puntos más críticos, según los resultados de las demás técnicas de inspección como lo son inversión de potenciales frecuentes, caídas o subidas de corrientes constantes, pH ácidos, entre otras.
2. Utilizar cupones con el mismo peso, pero de diferentes morfologías, como lo son cuadrados, circunferencias y triángulos, con el fin de interpretar en cuales de estos se ve mejor reflejado el comportamiento de la corrosión.
3. Adicionalmente, según cada punto elegido para el estudio se instalarán tres cupones con morfología diferente con conexión al sistema de protección catódica a un hombro del ducto y otros tres cupones bajo la misma morfología mencionada anteriormente hacia el otro hombro del ducto sin conexión al sistema de protección catódica, estos cupones serán puestos entre si a una distancia de 1 m aproximadamente.
4. Estos cupones se dejarán en estudio durante un periodo de 12 meses.
5. Antes de la instalación los cupones deben estar libres de todo contaminante y deben ser debidamente pesados registrando el área y volumen como lo indica la especificación, al igual una vez sea retirados.
6. Llevar un registro quincenal del estado del clima, en cada uno de los puntos seleccionados, para tenerlo como referente en el momento del análisis de los resultados.

8. CONCLUSIONES

- Las estructuras metálicas se encuentran constantemente expuestas al fenómeno de la corrosión, es por eso que la industria se ha visto en la necesidad de desarrollar métodos de protección, y a su vez han creado diferentes técnicas de inspección y monitoreo para garantizar que esos métodos protejan a las estructuras.
- Las estructuras en especial aquellas donde influyen el transporte de hidrocarburos y gas, enfrentan la corrosión exterior por medio de sistemas de protección catódica y recubrimientos.
- Los cupones de protección catódica se pueden utilizar como complemento a la evaluación de eficiencia del sistema de protección catódica y analizar las velocidades de corrosión que tiene el material cuando se encuentra en contacto con un electrolito, en este caso el suelo.
- Los cupones se utilizan ampliamente como una herramienta práctica para determinar el nivel de polarización.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener en cuenta las consideraciones expuestas en la metodología.
- Se recomienda seguir los lineamientos de NACE SP0775-2013 para la debida instalación de los cupones.
- Una vez se tengan los resultados del estudio de los cupones ser analizados debidamente con el SP0169-2013 para en caso de evaluación de potenciales y calcular la velocidad de corrosión generada durante el año de estudio.
- Es importante tener en cuenta que esta investigación es una propuesta como complemento al plan de técnicas de inspección y monitoreo dentro del programa de gestión e integridad de ductos, sin embargo, solo se pueden hacer conclusiones, recomendaciones y generar posibles planes de mitigación.

10.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- *NACE/ASTM G 193b-10_Standard Terminology and Acronyms Relating to Corrosion. NACE International 2010.*
- *CP2-Cathodic Protection Technician- Manual del curso_NACE International 2006.*
- *NACE SP0169-2013 Standard Practice – Control of external corrosion on underground of submerged metallic piping systems. NACE International, 2013. Houston, Texas.*
- *NACE SP0104-2014, Standard Recommended Practice “The Use of Coupons for Cathodic Protection Monitoring Applications”, NACE International 2014, Houston, Texas*
- *COSASCO Two- Inch System Coupons. Installation, Operation and Maintenance Manual. Corrosion Coupons.*
- *NACE International Conference 2017. Paper 8976*
- *NACE International Conference 2017. Paper 8824*
- *BS EN 14505:2005 Cathodic Protection of complex structure*
- *NACE International Conference 2017. Paper 9180*
- *NACE RP0775-2013 Standard Recommended Practice “Preparation, Installation, Analysis and Interpretation of corrosion coupons”. NACE International 2013. Houston, Texas.*
- *Peabody’s Control of Pipeline Corrosion. Second edition. A.W PEABODY*
- *Cathodic Protection Survey Procedures. W. Brian Holtsbaum. NACE International. Third Edition*